

5/pats

JC16 Rec'd PCT/PTO SEP 19 2001

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADE MARK OFFICE

VERIFICATION OF TRANSLATION

I, Michael Wallace Richard Turner, Bachelor of Arts, Chartered Patent Attorney, European Patent Attorney, of 1 Horsefair Mews, Romsey, Hampshire SO51 8JG, England, do hereby declare that I am conversant with the English and German languages and that I am a competent translator thereof;

I verify that the attached English translation is a true and correct translation made by me of the attached specification in the German language of International Application PCT/EP01/00517;

I further declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment or both under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.

Date: September 13, 2001MWR Turner

M W R Turner



## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



EP01/517

**PRIORITY DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH  
 RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 20 MAR 2001

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
 einer Patentanmeldung**

4

**Aktenzeichen:** 100 02 644.3

**Anmeldetag:** 21. Januar 2000

09/936935

**Anmelder/Inhaber:** OVD KINEGRAM AG, Zug/CH

**Bezeichnung:** Münze mit Beugungsstrukturen

**IPC:** G 07 D 5/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. Februar 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
 Im Auftrag

## Münze mit Beugungsstrukturen

Die Erfindung betrifft eine Münze, einen Münzprüfer zur Prüfung der Echtheit solcher Münzen und ein Verfahren zur Herstellung solcher Münzen.

Solche Münzen eignen sich als besonders fälschungssichere Zahlungsmittel. Es ist bekannt, dass Münzen mit makroskopischen Reliefs leicht fälschbar sind und dass elektronische Münzprüfer, die die geometrischen und metallischen Eigenschaften von Münzen prüfen, mit nachgemachten Münzen oder Münzen anderer Länder täuschbar sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Münze mit einem schwer fälschbaren und einfach überprüfbares Sicherheitsmerkmal zu versehen, ein Verfahren zur Herstellung solcher Münzen anzugeben und eine Vorrichtung zur Prüfung der Echtheit solcher Münzen zu verwirklichen.

10

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale der Ansprüche 1, 2, 4, 6, 9, 11 und 14.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen: Fig. 1 eine Münze im Querschnitt,

15 Fig. 2 einen Ausschnitt der Münze in der Draufsicht,

Fig. 3a, b einen Abschnitt eines Münzkanals mit einem optischen Lesegerät,

Fig. 4 das Lesegerät in einer Ausführung mit einem diffraktiven optischen Element,

Fig. 5a, b die mit einer Codierung versehene Münze und die Lage der die Codierung darstellenden Gitter in einer schlitzförmigen Öffnung im Lesegerät,

20 Fig. 6a, b ein weiteres optisches Lesegerät,

Fig. 7a, b die Münzen mit Anordnungen von Feldern mit Reliefstrukturen,

Fig. 8 einen Querschnitt durch eine weitere Ausführung des Lesegeräts,

Fig. 9 eine erste Einrichtung mit einem Laser zur Herstellung einer Münze mit einer mikroskopischen Reliefstruktur und

25 Fig. 10 eine zweite Einrichtung mit einem Laser zur Herstellung einer solchen Münze.

Die Fig. 1 zeigt in nicht massstäblicher Zeichnung eine Münze 1 im Querschnitt. Die Münze 1 weist zwei annähernd parallele Oberflächen 2, 3 und eine Randfläche 4 auf. Die Oberflächen 2, 3 sind mit makroskopischen Reliefs 5 versehen, die Erhebungen 6 und Vertiefungen 7 bilden. In wenigstens einer Vertiefung 7 der Oberflächen 2, 3 sind mikroskopische, beugungswirksame Reliefstrukturen 8 eingeförmst. Die makroskopischen Reliefs 5 stellen bildliche Motive dar, die erstens Auskunft über die Herkunft und den Wert der Münze geben und zweitens als visuelles Echtheitsmerkmal dienen. Ihre typischen Strukturabmessungen wie Breite d und Profilhöhe  $h_p$  liegen im Millimeter- und Zehntelmillimeterbereich. Sie sind so ausgestaltet, dass sie aufstreichendes Licht teilweise reflektieren und/oder diffus

streuen. Das Profil des makroskopischen Reliefs 5 ist in der Zeichnung der Fig. 1 aus darstellerischen Gründen rechteckförmig gezeichnet. In Wirklichkeit ist das Profil des Reliefs 5 durch das bildliche Motiv bestimmt und weist wenigstens abgerundete Kanten auf. Ebenfalls nicht dargestellt ist ein bei vielen Münzsorten vorhandener, aufgestauchter Randwulst zum Schutz des Münzbildes. Die mikroskopischen Reliefstrukturen 8 weisen hingegen wesentlich kleinere Strukturabmessungen auf, deren Parameter Linienabstand und Profilhöhe typisch im Bereich von Mikrometern bzw. Zehntelmikrometern liegen. Sie beugen auftreffendes Licht in vorbestimmte Richtungen. Mit Vorteil sind die Reliefstrukturen 8 für eine maschinelle Überprüfung der Echtheit der Münze 1 ausgelegt. Die vertiefte Anordnung schützt die mikroskopischen Reliefstrukturen 8 vor Beschädigungen und gegen Abnutzungsscheinungen. Um zu vermeiden, dass sich beim Gebrauch die Furchen der Reliefstruktur 8 mit Schmutzpartikeln füllen, die die Beugungseigenschaften verändern oder zum Verschwinden bringen könnten, ist die Reliefstruktur 8 mit Vorteil mit einem transparenten Schutzlack 9 bedeckt. Mit Vorteil wird ein von Lösungsmitteln freier, z.B. mit ultraviolettem Licht härtbarer Schutzlack 9 verwendet.

Die Fig. 2 zeigt einen Teil der Münze 1 in der Draufsicht auf die Oberfläche 2. Die Oberfläche 2 enthält vertiefte Flächen 10, 11, die die Umrisse der Buchstaben "C" und "H" darstellen. Die Flächen 10, 11 sind Teil des makroskopischen Reliefs 5. Die Flächen 10, 11 enthalten die mikroskopische Reliefstruktur 8 (Fig. 1) in der Form von Gittern 13. Das Relief 5 stellt zusammen mit der Reliefstruktur 8 (Fig. 1) ein vorzugsweise visuell überprüfbares Sicherheitsmerkmal dar, da die Gitter 13 unter normalen Beleuchtungsverhältnissen beugungsoptische Effekte bewirken. Zudem ist die Reliefstruktur 8 auch maschinenlesbar. Für die maschinelle Überprüfung unter Verwendung infraroter Strahlung genügt an sich eine Linienzahl von 200 - 300 Linien pro Millimeter. Falls aber die Reliefstruktur 8 auch gut sichtbare visuelle Beugungseffekte erzeugen soll, wird eine Linienzahl von typisch 800 Linien pro Millimeter bevorzugt. Die Linienzahl kann jedoch irgendwo zwischen 50 und 3000 Linien pro Millimeter liegen. Die Münze 1 enthält weiter Guillochen 12 mit Reliefstrukturen 8, die bei Bewegung der Münze 1 beim Rollen auf der Randfläche 4 wechselnde optische Effekte erzeugen, wie sie aus der europäischen Patentschrift EP 105 099 bekannt sind.

Neben der in der Fig. 1 beispielhaft dargestellten, sägezahnförmigen asymmetrischen Reliefstruktur 8 sind auch symmetrische oder asymmetrische Profilformen für die Reliefstruktur 8 bekannter periodischer Funktionen verwendbar.. Die Verwendung einer asymmetrischen Reliefstruktur 8 wird bevorzugt, da sie den Vorteil bietet, dass die Echtheit der Münze 1 aufgrund der unterschiedlichen Intensitäten der in die plus erste und in die minus erste Beugungsordnung gebeugten Teilstrahlen beurteilbar ist, da bei den asymmetrischen Profilformen die Intensität des in die plus erste Beugungsordnung gebeugten Lichtes grösser als die Intensität des in die minus erste Beugungsordnung gebeugten Lichtes ist. Die Erzeugung von Teilstrahlen unterschiedlicher Intensitäten ist auch durch Überlagerung mehrerer Gitterstrukturen möglich.

Bevorzugt weist die Münze 1 in der Fig. 2 zudem eine Anzahl n nebeneinander angeordneter Felder 14 mit weiteren Reliefstrukturen 8 auf, die aus einem Set von m verschiedenen vorbestimmt Gittern 13 ausgewählt sind, so dass bei der maschinellen Überprüfung der Münze 1 mit einem optischen Lesegerät, wie es nachfolgend beschrieben ist, eine ganze Vielzahl von bis zu  $2^m$  gebogenen Teilstrahlen der ersten Beugungsordnung erzeugt wird. Verschiedene Münzen 1 lassen sich so nach Land und Wert codieren, indem jedem Land und jedem Münzwert in den Feldern 14 eine Kombination von vorbestimmten Gittern 13 zugeordnet wird. Beispielsweise ist die Anzahl n der Felder 14 gleich zwölf, wovon die ersten acht Felder 14 acht Bits darstellen, die als Ländercode dienen, und wovon die letzten vier Felder 14 vier Bits zur Codierung des Wertes darstellen. Bei der maschinellen Prüfung der Echtheit der Münze sind somit auch deren Herkunft und Wert erfassbar.

Die bekannten Münzen 1, wie sie von den Nationalbanken vieler Staaten in Umlauf gesetzt sind, sind rund. Münzprüfer, die zur maschinellen Überprüfung der Echtheit von Münzen 1 eingerichtet sind und beispielsweise in Telefonen, Verkaufsautomaten, etc. Verwendung finden, weisen in der Regel einen Münzkanal auf, in dem die zu prüfende Münze 1 hinabrollt, wobei sie entlang einer geneigten Bahn optische und/oder magnetische Sensoren passiert. Bei Münzprüfern, die eine sehr grosse Menge von Münzen 1 in kurzer Zeit überprüfen müssen und die z.B. von Banken verwendet werden, rollen die Münzen 1 nicht entlang eines Münzkanals, sondern werden von einer weiter nicht beschriebenen Transporteinrichtung, im folgenden ebenfalls Münzkanal genannt, transportiert.

Falls beide Oberflächen 2, 3 der Münze 1 die gleiche mikroskopische Reliefstruktur 8 enthalten, genügt es, dass der Münzprüfer nur eine der Oberflächen 2, 3 überprüft. Falls die Münze 1 nur auf der einen Oberfläche 2 mit der mikroskopischen Reliefstruktur 8 versehen ist, vereinfacht sich die Herstellung der Münzen 1. Der Münzprüfer muss dann jedoch zur optischen Überprüfung beider Oberflächen 2, 3 eingerichtet sein.

Im folgenden sind nun Beispiele von Münzen 1 und optischen Lesegeräten beschrieben, bei denen die mikroskopischen Reliefstrukturen 8 der Münze 1 und das optische Lesegerät aufeinander abgestimmt sind. Die Reliefstrukturen 8 dienen in jedem Fall wenigstens als maschinell überprüfbares, schwer fälschbares Echtheitsmerkmal. Die Reliefstrukturen 8 können jedoch eine maschinenlesbare Codierung mit zusätzlichen Informationen, z.B. über Herkunft und Wert der Münze 1, enthalten, die vom optischen Lesegerät zu erkennen sind. Gemäss eines weiteren Erfindungsgedankens stellen die Münze 1 und das optische Lesegerät ein gemeinsames optisches System dar, bei dem die Reliefstrukturen 8 auch optische Funktionen in dem Sinne ausüben, dass sich die Münze 1 im Strahlengang des Lesegerätes wie ein diffraktives optisches Element verhält. Das diffraktive optische Element bildet dabei einen Leselichtstrahl entsprechend der in den Reliefstrukturen 8 kodierten Information direkt auf einen Satz von vorbestimmten Photodetektoren im Lesegerät ab.

Die Fig. 3a und 3b zeigen einen Abschnitt des Münzkanals 15 eines Münzprüfers. Der Münzkanal 15 ist gegenüber der Vertikalen sowohl in Laufrichtung der Münze 1 (Fig. 3a) als auch in dazu senkrechter Richtung (Fig. 3b) geneigt, so dass die Münze 1 auf einer hinteren Seitenwand 16 des Münzkanals 15 aufliegend hinabrollt und/oder gleitet. In eine vordere Seitenwand 17 des Münzkanals 15 ist ein optisches Lesegerät 19 (Fig. 3a) eingepasst, wobei die Seitenwand 17 zugleich als vordere Gehäusewand des Lesegerätes 19 dient.

Das Lesegerät 19 in der Fig. 3a ist geeignet zum maschinellen Nachweis der Echtheit von Münzen 1, die auf einer den Mittelpunkt 18 umgebenden Teilfläche 20 der Oberfläche 2 bzw. 3 (Fig. 1) die mikroskopischen Reliefstrukturen 8 (Fig. 1) in der Form des einzigen Gitters 13 mit geraden Furchen enthalten. Die Lage der Furchen bezüglich der durch die Laufrichtung der Münze 1 definierten Richtung ist durch einen Winkel  $\alpha$  beschreibbar. Beim Rollen der Münze 1 entlang des Münzkanals 15 ändert der Winkel  $\alpha$  kontinuierlich. Der Mittelpunkt 18 der Münze 1 bewegt sich entlang einer Geraden x, während sich die anderen Punkte der Münze 1 entlang von Zykloiden bewegen. Die Berandung der Teilfläche 20 kann eine beliebige Form aufweisen. Zudem kann die Teilfläche 20 aus nicht zusammenhängenden Gebieten gebildet sein. Das makroskopische Relief 5 (Fig. 1) der Münze 1 ist nicht dargestellt.

Das Lesegerät 19 umfasst eine Lichtquelle 21, z.B. eine Leuchtdiode oder eine Laserdiode, Photodetektoren 22, ein optisches Element 23, ein Gehäuseteil 24 sowie eine elektronische Schaltung 25 zur Steuerung der Lichtquelle 21 und zur Auswertung der von den Photodetektoren 22 gelieferten Signale. In der vorderen Seitenwand 17 ist ein als Maske dienendes Plättchen 26 mit einer ersten Öffnung 27 und weiteren Öffnungen 28 eingelassen. Die Lichtquelle 21 beleuchtet durch die Öffnung 27 hindurch die Teilfläche 20 während des Durchgangs der Münze 1 mit annähernd monochromatischem Licht der Wellenlänge  $\lambda$ . Die Öffnung 27 ist vorzugsweise schlitzförmig, so dass der auf die Münze 1 fallende Lichtfleck ein schmaler Streifen ist, dessen Breite etwas grösser als die grösste Dimension der Teilfläche 20 ist und dessen Länge so bestimmt ist, dass die Teilfläche 20 der zu prüfenden Münzen 1 aller gewünschten Sorten beim Durchgang ausgeleuchtet ist. Das in der Teilfläche 20 vorhandene Gitter 13 reflektiert einen Teil des auftreffenden Lichtes als nulle Beugungsordnung zurück. Ein weiterer Teil des Lichtes wird reflektiert und als Teilstrahlen 29 (Fig. 3b), 30 (Fig. 3b) unter einem vorbestimmten Winkel  $\theta_1$  (Fig. 1) in die plus erste und in die minus erste Beugungsordnung oder auch unter anderen Winkeln in höhere Beugungsordnungen gebeugt. Die Teilstrahlen 29, 30 passieren zwei Punkte P( $\alpha$ ) und R( $\alpha$ ) auf der Maske 26. Die Lage der Punkte P( $\alpha$ ) und R( $\alpha$ ) für eine einzelne Münze 1 ist durch den Momentanwert des Winkels  $\alpha$  während der Beleuchtung durch die Lichtquelle 21 gegeben. Die Gesamtheit der für eine einzelne Münzensorte möglichen Punkte P( $\alpha$ ) und R( $\alpha$ ) liegt auf einer geschlossenen Bahnkurve. Jede der Öffnungen 28 weist den Verlauf der einer zugeordneten Münzsorte angepassten Bahnkurve auf. Dank der Maske 26 gelangt nur an der Münze 1 gebeugtes Licht auf die Photodetektoren 22, während Fremdlicht und Streulicht zum grössten Teil ausgefiltert wird. Der Übersichtlichkeit wegen sind nur die Münze 1 einer einzigen Sorte und nur eine einzige Öffnung 28 gezeichnet. Mittels eines nicht

gezeichneten optischen Systems kann der von der Lichtquelle 21 abgegebene Strahl so geführt werden, dass die Öffnung 27 unter Ausnutzung der gesamten Lichtenergie optimal ausgeleuchtet ist.

Das optische Element 23 sorgt dafür, dass wenigstens ein Teil des Lichtes der Teilstrahlen 29, 30 auf die Photodetektoren 22 gelangt. Das optische Element 23 kann eine Diffusorscheibe (Fig. 3a) sein, die

- 5 auftreffendes Licht diffus streut. Somit gelangt immer ein Teil des an der Münze 1 gebeugten Lichtes auf den Photodetektor 22 und ein einziger, entsprechend angeordneter Photodetektor 22 genügt. Die elektronische Schaltung 25 gibt ein die Echtheit der Münze 1 anzeigenches Signal ab, falls die vom Photodetektor 22 gemessene Intensität einen vorbestimmten Schwellwert übersteigt. In diesem Fall dient also die mikroskopische Reliefstruktur 8 einzig als Echtheitsmerkmal.

- 10 Das optische Element 23 kann wie in der Fig. 3b auch eine Linse sein, die die der Lichtquelle 21 zugewandte Oberfläche 2 (Fig. 3a) der Münze 1 in eine Bildebene 31 abbildet. Die Photodetektoren 22 sind nun so angeordnet, dass die Teilfläche 20 einer ersten Münzsorte auf den ersten Photodetektor 22, die Teilfläche 20 einer zweiten Münzsorte mit einem anderen Münzdurchmesser auf den zweiten Photodetektor 22, etc. abgebildet wird. Die Information über die Münzsorte ist somit aus der Nummer des ein 15 positiven Echtheitssignal liefernden Photodetektors 22 ableitbar.

Wie in der Fig. 3a gezeigt, kann zur Erhöhung des Signal-Rausch-Abstandes den Photodetektoren 22 ein nicht gezeichnetes optisches Filter vorgeschaltet sein, das nur für Licht der Wellenlänge  $\lambda$  durchlässig ist. Das Gehäuse teil 24 verhindert, dass von aussen störendes Fremdlicht auf den Photodetektor 22 fällt.

- 20 Die Verwendung von nacheinander oder simultan auf die Münze 1 einfallenden Lichtstrahlen mit unterschiedlichen Wellenlängen  $\lambda$  erhöht die Zuverlässigkeit der Münzprüfung erheblich. Beispielsweise ist es möglich, als Lichtquelle 21 eine Leuchtdiode einzusetzen, die bei entsprechender Ansteuerung Lichtstrahlung einer ersten Wellenlänge  $\lambda_1$  oder Lichtstrahlung einer zweiten, unterschiedlichen Wellenlänge  $\lambda_2$  aussendet (sogenannte dual colour LED oder three colour LED). Alternativ kann die Lichtquelle 21 zwei Laserdioden umfassen, die Licht der Wellenlängen  $\lambda_1$  bzw.  $\lambda_2$  aussenden. Die 25 Lichtquelle 21 wird so betrieben, dass sie zeitlich nacheinander Licht der Wellenlänge  $\lambda_1$  bzw.  $\lambda_2$  aussendet, und die elektronische Schaltung 25 gibt ein Echtheitssignal ab, wenn das Verhältnis der vom entsprechenden Photodetektor 22 gemessenen, den Wellenlängen  $\lambda_1$  bzw.  $\lambda_2$  zugeordneten Intensitäten innerhalb vorbestimmter Toleranzwerte liegt. Da die Richtung des gebeugten Lichtes sehr empfindlich von der Wellenlänge abhängt, können durch Kratzer oder Staub verursachte Fehler reduziert werden: die 30 Münze ist nur dann echt, wenn der Photodetektor 22 Licht beider Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  feststellt. Zudem ist das Intensitätsverhältnis unabhängig von der absoluten Lichtleistung, die die Lichtquelle 21 abgibt. Die Verwendung von zwei verschiedenen Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  bietet zudem den Vorteil, dass das beugungswirksame Gitter 13 nicht in betrügerischer Absicht durch eine reflektierende Struktur ersetzt werden kann.

Anstelle des Gitters 13 mit geraden Furchen kann auch ein Gitter 13 mit kreisförmigen, zum Mittelpunkt 18 der Münze 1 konzentrischen Furchen verwendet werden. Dies führt zu einer vom Winkel  $\alpha$  unabhängigen, gleichmässigen Beleuchtung der entsprechenden Öffnung 28.

In der hinteren Seitenwand 16 des Münzkanals 15 ist mit Vorteil eine beugungswirksame Struktur 5 angebracht, die bei der Beleuchtung mit dem Licht der Lichtquelle 21 in Abwesenheit der Münze 1 Licht auf die Photodetektoren 22 beugt. Auf diese Weise kann die Lichtleistung der Lichtquelle 21 und die Empfindlichkeit der Photodetektoren 22 jederzeit überprüft und bei der Auswertung der Signale berücksichtigt werden.

Falls, wie in der Fig. 3b gezeigt, das Gitter 13 der Münze 1 eine asymmetrische Profilform aufweist, sind

10 die Photodetektoren 22 mit Vorteil in einer Ebene 32 ausserhalb der Bildebene 31 angeordnet, wo die Teilstrahlen 29 und 30 räumlich getrennt sind. Da der Winkel  $\alpha$  der Gitterfurchen statistisch völlig unbestimmt ist, liegt der Schnittpunkt der Teilstrahlen 29 und 30 mit der Ebene 32 irgendwo auf einem Kreisring, dessen Mittelpunkt auf der optischen Achse der Linse 23 liegt. Anstelle mehrerer diskreter Photodetektoren 22 ist bevorzugt ein in verschiedene lichtempfindliche Sektoren unterteilter

15 Photodetektor 22 vorgesehen. Form und Abmessungen der Sektoren des Photodetektors 22 sind so vorbestimmt, dass der Teilstrahl 29 und der Teilstrahl 30 unabhängig vom Winkel  $\alpha$  auf verschiedene Sektoren auftreffen. Beim Durchgang der Münze 1 einer ersten Münzsorte liefern ein erster Sektor und ein zweiter Sektor ein über dem Schwellwert liegendes Signal, beim Durchgang der Münze 1 einer zweiten Münzsorte liefern ein dritter Sektor und ein vierter Sektor ein über dem Schwellwert liegendes

20 Signal. Die elektronische Schaltung 25 ist nun eingerichtet, zu prüfen, ob zwei einer Münzsorte zugeordnete Sektoren gleichzeitig ein über dem Schwellwert liegendes Signal liefern und ob gegebenenfalls diese Signale ein vorbestimmtes Verhältnis aufweisen. Somit lässt sich die Echtheit der Münze 1 aufgrund der asymmetrischen Profilform der Reliefstrukturen 8 (Fig. 1) verifizieren, was die Sicherheit gegenüber Fälschungen weiter erhöht. Anstelle des in lichtempfindliche Sektoren unterteilten Photodetektors 22 ist mit Vorteil ein zweidimensionaler „Charge Coupled Device (= CCD-Device)“ einsetzbar, die z.B. aus digitalen Photokameras oder Camcordern bekannt sind.

Anstelle eines einzigen Gitters 13 können auf der Münze 1 auch mehrere nebeneinander angeordnete oder überlagerte Gitter 13 vorhanden sein, die jeweils um einen Winkel  $360^\circ/k$  verdreht sind, wobei  $k$  die Zahl der überlagerten Gitter 13 bezeichnet. Dadurch kann die vom Photodetektor 22 abzudeckende 30 Fläche verkleinert werden.

Die Fig. 4 zeigt das Lesegerät 19 in einer Ausführung, bei der die Funktionen der Maske 26 (Fig. 3b) und der Linse 23 (Fig. 3b) von einem einzigen, diffraktiven optischen Element 33 ausgeübt werden. Das Element 33 ist entweder bündig in die vordere Seitenwand 17 integriert oder zwischen der vorderen Seitenwand 17 und den Photodetektoren 22 angeordnet. Das diffraktive optische Element 33 ist beispielsweise ein holografisches optisches Element, ein computergeneriertes Hologramm, ein Volumen-

hologramm, etc. Das Element 33 dient der Umlenkung und Fokussierung der von der Münze 1 ausgehenden Teilstrahlen 29, 30 auf die Photodetektoren 22, wobei die gebeugten Teilstrahlen 29, 30 von Münzen 1 verschiedener Sorten auf verschiedene Photodetektoren 22 fokussiert werden.

Dargestellt sind nun zwei Münzen 1a und 1b verschiedener Münzsorten. Der von der Lichtquelle 21 ausgehende Lichtstrahl 34 fällt unter einem Winkel schräg auf die Reliefstruktur 8 der Münze 1a oder 1b. Die in die positive und negative Beugungsordnung gebeugten Teilstrahlen 29a bzw. 30a oder 29b bzw. 30b werden vom Element 33 auf den der Münze 1a der ersten Münzsorte zugeordneten Photodetektor 22a bzw. den der Münze 1b der zweiten Münzsorte zugeordneten Photodetektor 22b umgelenkt, unabhängig von der durch den Winkel  $\alpha$  definierten momentanen Drehlage der Münze 1a bzw. 1b. Die in die neutrale Beugungsordnung gebeugten Teilstrahlen 35 werden vom Element 33 nicht auf die Photodetektoren 22a, 22b fokussiert.

Das Element 33 hat also die Aufgabe, die von den Münzen 1a und 1b gebeugten Teilstrahlen 29a, 29b, 30a, 30b, die mit vorgegebener Einfallrichtung an vier unterschiedlichen Punkten  $P_a, R_a, P_b, R_b$  auf das Element 33 auftreffen, in eine durch den entsprechenden Punkt  $P_a, R_a, P_b, R_b$  und die räumliche Lage des Photodetektors 22a bzw. 22b bestimmte Ausfallrichtung umzulenken. Diese Aufgabe kann ein Strichgitter erfüllen, dessen Gitterlinienabstand und Orientierung örtlich auf die Wellenlänge  $\lambda$  und den durch die Einfall- und die Ausfallrichtung festgelegten Umlenkwinkel bestimmt sind. Die Richtung der Teilstrahlen 29a, 29b, 30a, 30b und die Lage der Punkte  $P_a, R_a, P_b, R_b$  ändern mit dem Momentanwert des Winkels  $\alpha$  (Fig. 3a), den die Münze 1a bzw. 1b während der Messung aufweist. Dementsprechend variieren die Gitterparameter entlang den von den Punkten  $P_a, R_a, P_b, R_b$  in der Ebene des diffraktiven optischen Elementes 33 beschriebenen Bahnkurven.

Die Anzahl der im Lesegerät 19 vorhandenen Photodetektoren 22 bestimmt die Zahl der verschiedenen unterscheidbaren Reliefstrukturen 8 bzw. Gitter 13 (Fig. 3a) und somit die Zahl der unterscheidbaren Münzsorten.

Falls die Asymmetrie der Profilform des Gitters 13 als Echtheitsmerkmal verifiziert werden soll, ist wiederum jeder Photodetektor 22a, 22b durch zwei Photodetektoren zu ersetzen, und das optische System ist so auszubilden, dass die Teilstrahlen 29a und 30a bzw. 29b und 30b auf verschiedene Photodetektoren fokussiert werden.

Das diffraktive optische Element 33 kann als beliebig geformter Körper, insbesondere als ebene Platte ausgebildet sein. Dies erlaubt eine kostengünstige Vervielfältigung durch Prägen in thermoplastischen Kunststoff oder Abformen in z.B. UV-härtbaren Kunststoff oder durch Spritzgiessen (Injection Moulding). Das Element 33 kann auch ein ebenfalls leicht vervielfältigbares Volumenhologramm sein mit dem Vorteil einer sehr hohen Beugungseffizienz, die gegen 100% erreichen kann. Durch eine konstruktive Gestaltung, die eine einfache Auswechselung des Elementes 33 gestattet, ist der Münzprüfer

sehr einfach auf einen Satz von Münzen eines vorbestimmten Landes oder mehrerer vorbestimmter Länder anpassbar.

Das diffraktive optische Element 33 kann nun so ausgebildet werden, dass auch die Erkennung einer Codierung auf der Münze 1 möglich ist. Bei der in der Fig. 5a dargestellten Münze 1 sind die Felder 14 nicht in der Nähe des Mittelpunktes 18, sondern entlang des Randes angeordnet. Die Felder 14 enthalten die mikroskopische Reliefstruktur 8 in der Form der Gitter 13. Die Orientierung  $\Omega$  der Gitter 13 in Bezug auf die Radialrichtung am Ort des Feldes 14 ist durch Striche dargestellt. Jedes Feld 14 passiert die schlitzförmige Öffnung 28 in einer Höhe H, die vom Momentanwert des die Drehlage der Münze 1 beschreibenden Winkels  $\beta$  abhängt. In der Fig. 5b ist für ein ausgewähltes Feld 14 schematisch dargestellt, wie die Orientierung  $\varphi$  seines Gitters 13 in der Öffnung 28 in Funktion der Höhe H ändert.

Das diffraktive optische Element 33 in der Fig. 5a ist nun ausgelegt, die am Gitter 13 gebeugten Teilstrahlen 29, 30 (Fig. 4) für alle möglichen Höhen H entsprechend deren Orientierung  $\varphi(h, \Omega)$  auf die diesem Gitter 13 zugeordneten Photodetektoren 22 umzulenken. Somit wird das am Feld 14 gebeugte Licht, bei dem die Orientierung des Gitters 13 den Winkel  $\Omega_1$  hat, auf einen ersten Photodetektor 22, das an einem anderen Feld 14 gebeugte Licht, bei dem die Orientierung des Gitters 13 den Winkel  $\Omega_2$  hat, auf einen zweiten Photodetektor 22 abgebildet. Aus den Signalen der Photodetektoren 22 lässt sich dann die Codierung ableiten und z.B. Herkunft und Wert der Münze 1 bestimmen. Aus der Analyse des zeitlichen Verlaufs der von den verschiedenen Photodetektoren 22 abgegebenen Signale lässt sich auch die Reihenfolge der Orientierungen  $\Omega$  der Gitter 13 bestimmen.

Es ist auch möglich, dass die Anordnung der Felder 14 einen Strichcode ergibt, der maschinenlesbar ist, in dem der Strichcode aus der zeitlichen Analyse des vom zugeordneten Photodetektors 22 abgegebenen Signals rekonstruiert wird. Dabei können ein einziges Gitter 13 oder auch mehrere Gitter 13 verwendet sein.

Die Fig. 6a und 6b zeigen das Prinzip eines weiteren Lesegerätes 36, das geeignet ist zur maschinellen Überprüfung von Münzen 1, bei denen die mikroskopischen Reliefstrukturen 8 nicht im Zentrum, sondern irgendwo auf der Münze 1 angeordnet sind. Beim Rollen der Münze 1 entlang des Münzkanals 15 (Fig. 3) beschreiben diese Reliefstrukturen 8 zykloidische Bahnen. Das Lesegerät 36 enthält eine Linse 37, in deren einem Brennpunkt 38 sich die einzige Lichtquelle 21 befindet. Die Linse 37 dient einerseits dazu, die Münze 1 beim Durchgang mit parallel gerichtetem, senkrecht einfallendem Licht zu beleuchten. Der Durchmesser des auf die Münze 1 auftreffenden Lichtstrahles ist wenigstens so gross, dass die Reliefstrukturen 8 der zu prüfenden Münzen 1 beleuchtet sind. Das an den als Gitter 13 (Fig. 3b) ausgebildeten Reliefstrukturen 8 gebeugte Licht, die Teilstrahlen 29, 30, wird nun andererseits von der Linse 37 entsprechend dem Momentanwert des Winkels  $\alpha$  (Fig. 3a) und dem Gitterlinienabstand auf bestimmte Punkte  $Q_1(\alpha)$  und  $Q_2(\alpha)$  in der Brennebene 31 der Linse 37 abgebildet. Die Gesamtheit der für alle Winkel  $\alpha$  eines Gitters 13 möglich n Punkte  $Q_1(\alpha)$  und  $Q_2(\alpha)$  liegt somit auf einem Kreis 39. Der oder die Photodetektoren 22 befinden sich ebenfalls in der Brennebene 31, die hier gleich der

Fourierebene ist. Die Photodetektoren 22 sind, wie in der Fig. 6b gezeigt, als zum Brennpunkt 38 konzentrische Kreisringe 40 ausgebildet. Diese Konstruktion bietet den Vorteil, dass der Ort des Gitters 13 auf der Münze 1 keine Rolle spielt. Beim Rollen der Münze 1 ändert der Winkel  $\alpha$  und damit wandern auch die Punkte  $Q_1(\alpha)$  und  $Q_2(\alpha)$ . Falls die Linse 37 die Münze 1 auf einer gewissen Wegstrecke 5 beleuchtet und falls pro Kreisring 40 mehr als ein Photodetektor 22 vorhanden ist, kann die Bewegung der Punkte  $Q_1(\alpha)$  und  $Q_2(\alpha)$  verfolgt werden. Die Photodetektoren 22 können z.B. als zweidimensionaler CCD-Device mit vielen lichtempfindlichen Zellen ausgebildet sein.

Falls die Münzen 1 codiert sind, indem jede Münze 1 n Felder 14 (Fig. 2) aufweist, wobei sich die Gitter 13 der Felder 14 hinsichtlich ihres Gitterlinienabstandes unterscheiden, dann liegen die Punkte  $Q_1(\alpha)$  10 und  $Q_2(\alpha)$  für jedes Gitter 13 auf einem anderen Kreisring 40. Aus den Signalen der den verschiedenen Kreisringen 39, 40 zugeordneten Photodetektoren 22 sind somit die codierten Parameter ableitbar.

Bei einer anderen Ausgestaltung eines solchen Lesegerätes 36 ist in der Brennebene 31 nur ein ein-dimensionaler Array von Photodetektoren 22 angeordnet. Die Münze 1 wird auf einer gewissen Wegstrecke beleuchtet, so dass die Bahn des Punktes  $Q_1(\alpha)$  oder  $Q_2(\alpha)$  irgendwann bestimmt auf den 15 entsprechenden Photodetektor 22 auftrifft.

Die mikroskopischen Reliefstrukturen 8 der Münze 1 können jedoch auch so ausgestaltet sein, dass die Oberfläche 2, 3 der Münze 1 wie ein diffraktives optisches Element, z.B. wie eine Fresnellinse wirkt. Das diffraktive optische Element dient dann sowohl als maschinell überprüfbares Echtheitsmerkmal als auch als abbildendes Element, das einen Leselichtstrahl des Lesegerätes auf einen vorbestimmten 20 Photodetektor abbildet. Das diffraktive optische Element kann auf einer einzigen zusammenhängenden Fläche angeordnet oder über mehrere getrennte Felder 14 verteilt sein. Im Fall der Fresnellinse genügt es also durchaus, wenn die Fläche der Fresnellinse nur teilweise mit der Reliefstruktur 8 ausgebildet ist. Somit unterliegt die grafische Gestaltung der Münzoberfläche 2, 3 mit den makroskopischen Reliefs 25 5 keinen Einschränkungen. Mit Vorteil ist jedoch die Gesamtheit der diffraktiven Strukturen des optischen Elementes axialsymmetrisch zum Mittelpunkt der Münze 1 ausgebildet, so dass die Abbildungseigenschaften des optischen Elementes unabhängig von der momentanen Drehlage der Münze 1 sind. Beispielsweise können die solcherart ausgebildeten Reliefstrukturen 8 in einer vorgesehenen Bildebene bezüglich einer senkrecht durch den Mittelpunkt der Münze 1 führenden Achse rotationsinvariante 30 Kreisringe ausleuchten, wenn sie mit parallelem Licht bestrahlt werden. Zum Lesen solcher Strukturen ist z.B. ein Lesegerät ähnlich dem Lesegerät 36 geeignet, bei dem die Beleuchtung der Münzoberfläche 2 mit parallelem Licht erfolgt.

Die Fig. 7a und 7b zeigen eine andere Ausführung der Münzen 1, bei denen die N Felder 14 einen vorbestimmten Abstand zum Zentrum der Münze 1 aufweisen. Im Beispiel der Fig. 7a haben drei Felder 14 den gleichen Abstand zum Zentrum der Münze 1. Im Beispiel der Fig. 7b ist wenigstens eines der 35 Felder 14 in einem anderen Abstand zum Zentrum der Münze 1 angeordnet. Die Anzahl N der Felder 14

ist nicht beschränkt. Jedes Feld 14 ist mit einer Reliefstruktur 8 (Fig. 1) belegt und umfasst eine Fläche im Bereich von  $0,5 \text{ mm}^2$  bis  $10 \text{ mm}^2$ , wobei die typische Grösse  $1 \text{ mm}^2$  beträgt. Die Furchen der Reliefstruktur 8 sind senkrecht zur radialen Verbindungsline zwischen dem Zentrum der Münze 1 und dem Mittelpunkt des jeweiligen Feldes 14 so ausgerichtet, dass die Gittervektoren 79 eine radiale Richtung weisen. Die Reliefstrukturen 8 können lineare Gitter 13 (Fig. 2) bilden oder so gekrümmt sein, dass die Furchen Kreisbogen mit dem Zentrum der Münze 1 bilden und die Kreisbogen den durch den Abstand des Mittelpunkts des Feldes 14 vom Zentrum der Münze 1 bestimmten Radius oder die durch den Abstand der einzelnen Furchen vom Zentrum der Münze 1 bestimmten Radien aufweisen. Die Parameter der Reliefstruktur 8, wie z.B. Spatialfrequenz f, Azimut usw., hängen vom Ort des Feldes 14 auf der Münze 1 ab. Die Spatialfrequenz f der Reliefstruktur 8 eines weiter innen angeordneten Feldes 14 ist kleiner als die Spatialfrequenz f der Reliefstruktur 8 eines weiter vom Zentrum der Münze 1 entfernt angeordneten Feldes 14.

Wenn die Randbedingung erfüllt ist, dass Licht einer über der Münze 1 angeordneten, punktförmigen Lichtquelle 21 (Fig. 6a) mittels der Reliefstrukturen 8 auf vorbestimmt angeordnete Photodetektoren 22 hingebucht wird, lassen sich die Münzen 1 rotationsinvariant prüfen, d.h. unabhängig vom momentanen Wert des die Drehlage der im Münzkanal 15 (Fig. 3) rollenden Münze 1 beschreibenden Winkels  $\beta$  (Fig. 5a).

Die Fig. 8 zeigt eine Ausführung des Lesegeräts 36 mit einem einfachen Aufbau für die Münzen 1, die sich für eine rotationsinvariante Prüfung eignen. Das Lesegerät 36 weist eine optische Achse 80 auf, die senkrecht auf die hintere Seitenwand 16 des Münzkanals 15 so ausgerichtet ist, dass im Moment der Prüfung die optische Achse 80 senkrecht durch das Zentrum der im Münzkanal 15 rollenden Münze 1 geht. Neben der elektronischen Schaltung 25 (Fig. 3a) umfasst das Lesegerät 36 auf der optischen Achse 80 wenigstens eine punktförmige Lichtquelle 21 in einem Abstand  $h_Q$  und wenigstens einen Photodetektor 22 in einem zweiten Abstand  $h_D$  vom Zentrum der Münze 1. Eine praktische Ausführung der punktförmigen Lichtquelle 21 strahlt Licht in einem auf die optische Achse 80 ausgerichteten Kegel K derart aus, dass die ganze, der Lichtquelle 21 zugewandte Oberfläche 2 der Münze 1 homogen beleuchtet ist. Mittels einer hier nicht gezeigten, zwischen der Lichtquelle 21 und der Oberfläche 2 angeordneten Blende als Beispiel kann auch nur ein Teil der Oberfläche 2 beleuchtet werden. Die Lichtquelle 21 und die Photodetektoren 22 sind mit der elektronischen Steuerung 25 (Fig. 3a) verbunden. Die Abstände  $h_Q$  und  $h_D$  hängen von der Wellenlänge  $\lambda$  der Lichtquelle 21, der Spatialfrequenz f und der Beugungsordnung k ab. Der Abstand  $h_D$  ist durch den Schnittpunkt des an den Feldern 14 gebeugten Lichts, der Teilstrahlen 29, mit der optischen Achse 80 bestimmt. Die Gittergleichung  $\sin(\delta) = \sin(\Delta) + k * \lambda * f$  dient zur Berechnung des Beugungswinkels  $\delta$  des an den Reliefstrukturen 8 (Fig. 1) des Feldes 14 gebeugten Lichts, der Teilstrahlen 29, wobei  $\Delta$  der Winkel des aus der punktförmigen Lichtquelle 21 auf das Feld 14 einfallenden Lichtstrahls ist. Beide Winkel  $\Delta$  und  $\delta$  werden zur Senkrechten auf das jeweilige Feld 14 gemessen. Die gleichen Münzen 1 sind auch

detektierbar, wenn die Orte der Lichtquelle 21 und des Photodetektors 22 vertauscht sind. Die Photodetektoren 22 sind auf der optischen Achse 80 so angeordnet, dass sie beim Eintreffen der Teilstrahlen 29 bzw. 30 elektrische Signale an die elektronische Steuerung 25 abgeben, wobei die Steuerung 25 so eingerichtet ist, dass sie aus den Kommandos betreffend der Wellenlänge und der 5 Intensität an die Lichtquelle 21 und aus den als Antwort von den Photodetektoren 22 eintreffenden Signalen einen vorbestimmen Satz von Münzen 1 erkennen kann.

Bei einer verbesserten Ausführung des Lesegeräts 36 ist die punktförmige Lichtquelle 21 in der Lage 10 Licht zu emittieren, dessen Wellenlänge während des Prüfvorgangs zwischen vorbestimmten Werten  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  usw. umgeschaltet wird. Die Lichtquelle 21 kann beispielsweise eine Leucht- oder Laserdiode sein,

~~die entsprechend ihrer Ansteuerung ein einfaches Licht mit der einen oder anderen Wellenlänge  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  usw. aussendet. Für jede Wellenlänge  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  usw. ist ein Photodetektor 22 auf der optischen Achse 80 in seinem durch die Wellenlänge  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  usw. bestimmten Abstand  $h_{D1}$ ,  $h_{D2}$  usw. angeordnet. Während die~~

Lichtquelle 21 Licht mit der Wellenlänge  $\lambda_1$  aussendet, empfängt der Photodetektor 22 im Abstand  $h_{D1}$  das an den Felder 14 gebogene Licht, die Teilstrahlen 29, wenn die optische Achse 80 in die unmittelbare

15 Nähe des Zentrums der echten Münze 1 kommt. Sobald die Lichtquelle 21 Licht mit der Wellenlänge  $\lambda_2$  aussendet, werfen die Felder 14 das an ihren Reliefstrukturen 8 (Fig. 1) gebeugte Licht, die Teilstrahlen 30, auf den im Abstand  $h_{D2}$  auf der optischen Achse 80 angeordneten Photodetektor 22. Das mit wenigstens zwei verschiedenen Wellenlänge  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  usw. arbeitende Lesegerät 36 ermöglicht ein sicheres Unterscheiden von an zufällig richtig geneigten Flächen des makroskopischen Reliefs 5 (Fig. 1) in die

20 Photodetektoren 22 reflektierten Lichtstrahlen und dem gebeugten Licht 29, 30. Das Umschalten von einer Wellenlänge zur andern durch die elektronische Steuerung 25 erfolgt insbesondere bei der Verwendung von Leucht- oder Laserdioden ausserordentlich schnell, so dass die im Münzkanal 15 rollende Münze 1 als ruhend angenommen werden kann.

Der Vollständigkeit halber ist eine Variante des Aufbaus der Lichtquelle 21 erwähnt, die für jede Wellenlänge  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  usw. eine Leucht- oder Laserdiode aufweist, wobei die Lichtstrahlen jeder Leucht- oder Laserdiode mit optischen Mitteln in die optische Achse 80 eingekoppelt werden und die Farbe des von der Lichtquelle 21 ausgesandten Lichts durch Einschalten einer oder mehrerer Leuchtdioden gesteuert wird.

Eine weitere Ausführung des Lesegerätes 36 erkennt zusätzlich die Münzen 1, deren Felder 14

30 M Gruppen bilden, wobei jeder Gruppe ein Photodetektor 22 in einem vorbestimmten Abstand  $h_D$  zugeordnet ist. Die den gleichen Abstand vom Zentrum der Münze 1 aufweisenden Felder 14 der M Gruppen unterscheiden sich in der Spatialfrequenz f der Reliefstrukturen 8. Bei der Beleuchtung der Münze 1 durch die punktförmige Lichtquelle 21 mit Licht der Wellenlänge  $\lambda$  reflektiert eine erste Gruppe der Felder 14 das gebeugte Licht, die Teilstrahlen 29, auf den Photodetektor 22 im Abstand  $h_{D1}$ , während gleichzeitig eine andere Gruppe der Felder 14 das gebeugte Licht, die Teilstrahlen 30, auf den Photodetektor 22 im Abstand  $h_{D2}$  reflektiert. Mit dieser Anordnung lassen sich  $2^M - 1$  Münztypen, d.h.

für  $M = 2$  drei Münztypen, mit dem gleichen Durchmesser voneinander unterscheiden, wobei die erste Münztype ein Signal nur im Photodetektor 22 im Abstand  $h_{D1}$ , die zweite Münztype ein Signal nur im Photodetektor 22 im Abstand  $h_{D2}$  und die dritte Münztype simultan das Signal in beiden Photodetektoren 22 erzeugen. Eine Münze 1, die kein gebeugtes Licht 29, 30 in einen der beiden Photodetektoren 22

- 5 reflektieren kann und daher kein Signal in wenigstens einem der beiden Photodetektoren 22 zu erzeugen vermag, wird zurückgewiesen. Das am Beispiel von zwei Photodetektoren 22 und zwei Gruppen der Felder 14 gezeigte Prinzip einer einfachen Kodierung der Münzen 1 lässt sich erweitern von der Anzahl  $M = 2$  auf eine beliebige Anzahl  $M$ , die nur durch den vertretbaren Aufwand bzw. den im Lesegerät 36 verfügbaren Raum und der Anzahl  $N$  der Felder 14 ( $N \geq M$ ) begrenzt ist.

- 10 In einer weiteren Ausführung des Lesegerätes 36 schliessen die beiden optischen Achsen 80 der punktförmigen Lichtquelle 21 und der Photodetektoren 22 einen Winkel mit der Winkelhalbierenden ein, wobei sich die beiden optischen Achsen auf der Winkelhalbierenden im Punkt P schneiden. Die Winkelhalbierende ist eine Senkrechte zur Oberfläche der Münze 1 und der Punkt P fällt mit dem Zentrum der Münze 1 zusammen.

- 15 Da jede Münze 1 der Denomination entsprechend einen bestimmten Durchmesser aufweist, kann das oben beschriebene Lesegerät 36 nur diejenigen Münzen 1 erkennen, deren Radius dem Abstand a der optischen Achse 80 vom Boden 81 des Münzkanals 15 entspricht. Um einen ganzen Satz Münzen 1 zu erkennen, ist daher für jede Denomination ein Lesegerät 36 vorzusehen. Die optischen Achsen 80 der Lesegeräte 36 sind parallel und weisen die Abstände a vom Boden 81 des Münzkanals 15 auf, die gleich 20 den Radien der Münze 1 der betreffenden Denominationen sind. Die Einfachheit des Aufbaus der Lesegeräte 36 ermöglicht den Zusammenbau einer Prüfeinrichtung mit der entsprechenden Anzahl Lesegeräte 36 auf kleinstem Platz zu einem günstigen Preis.

- 25 Eine weitere Möglichkeit, die Zuverlässigkeit der Münzprüfung weiter zu erhöhen besteht darin, auf der Münze 1 ein Feld 14 mit einem Gitter 13 vorzusehen, welches als Referenzgitter dient. Im Lesegerät 19 bzw. 36 ist diesem Referenzgitter ein Photodetektor 22 zugeordnet und die Intensität des auf diesen Photodetektor 22 fallenden, am Referenzgitter gebeugten Lichtes dient als Referenzintensität, z.B. zur Bestimmung des weiter oben genannten Schwellwertes.

- Weiter ist es möglich, die Zahl der Codierungsmöglichkeiten bei einer vorgegebenen Anzahl von Photodetektoren 22 zu erhöhen, in dem verschiedene Gitter 13 zwar den gleichen Linienabstand, jedoch eine unterschiedliche Profilform aufweisen, so dass das an diesen Gittern 13 gebeugte Licht jeweils auf den gleichen Photodetektor 22 auftrifft, die Intensitäten jedoch unterschiedlich sind. Es kann also auch die Intensität der Teilstrahlen 29, 30 einen von mehreren vorbestimmten Pegeln annehmen, wobei jeder Pegel einem anderen Codierungswert entspricht.

Um Betrugsversuche weiter zu erschweren, ist es vorteilhaft, die hier beschriebenen beugungsoptischen Münzprüfungen untereinander zu kombinieren, wobei sie zusätzlich durch an sich bekannte optische (siehe z.B. das europäische Patent EP-0 694 888 B1), magnetische (siehe z.B. die europäische Patentanmeldung EP-0 704 825 A1) oder andere Prüfverfahren, die Aufschluss über die Geometrie und die Materialeigenschaften der Münze 1 geben, ergänzt werden können.

Zur Herstellung der mikroskopischen Reliefstrukturen 8 (Fig. 1) sind verschiedene Verfahren möglich. Bekannt ist das Prägeverfahren für relativ weichmetallische Oberflächen wie z.B. Gold. Im folgenden sind Verfahren mit Lasern beschrieben, die auch für härtere Metallocberflächen geeignet sind. Bei einem weiteren Verfahren werden die mikroskopischen Reliefstrukturen 8 in die Materialoberfläche eingeätzt.

- 10 Die Fig. 9 zeigt eine erste Einrichtung zur Herstellung der mikroskopischen Reliefstruktur 8 (Fig. 1) auf der Münze 1. Die Einrichtung weist einen Laser 41, eine Maske 42, einen teildurchlässigen Spiegel 43, eine Abbildungsoptik 44, eine Haltevorrichtung 45, eine Justiervorrichtung 46 und ein Gerät zur Strahl-diagnostik 47 auf. Die mit der Reliefstruktur 8 zu versehende Münze 1 wird von der Haltevorrichtung 45 gehalten. Die genaue Lage der Münze 1 wird mittels der Justiervorrichtung 46 erfasst und insbesondere die z-Lage auf einen vorbestimmten Wert geregelt. Die Maske 42 wird vom Laser 41 beleuchtet. Mittels der Abbildungsoptik 44 wird die Maske 42 verkleinert auf die Münze 1 abgebildet. Eine typische Verkleinerung beträgt 15:1. Dank der 15-fachen Verkleinerung ist die auf die Maske 42 fallende Lichtleistung um den Faktor 225 kleiner als die auf die Münze 1 fallende Lichtleistung, wodurch es möglich wird, lokal auf der Münze 1 Material abzutragen, ohne dass Material von der Maske 42 abgetragen wird.
- 15 20 Die Intensitätsverteilung des vom Laser 41 emittierten Strahles in einer zur Maske 42 parallelen yz-Ebene sei vor der Maske 42  $I_0(y,z)$  und die Transmissionsfunktion der Maske 42 sei  $t(y,z)$ . Die Intensitätsverteilung nach der Maske 42 ist dann  $I(y,z) = t(y,z) * I_0(y,z)$ . Die Profilform der Reliefstruktur 8 hängt neben der Form der auf die Münze 1 auftreffenden Intensitätsverteilung  $I(x,y)$  auch von weiteren Faktoren wie Absorptionskoeffizient, thermische Leitfähigkeit, thermische Diffusionsfähigkeit, Schmelztemperatur und ev. Bandlücke des für die Oberfläche der Münze 1 gewählten Materials ab. Die Profilform hängt somit insbesondere davon ab, ob nur eine einzige oder ob mehrere Belichtungen in einem angepassten Zeitabstand erfolgen. Da eine hohe Lichtleistung erforderlich ist, um metallisches Material abtragen zu können, ist der Laser 41 mit Vorteil ein gepulster Excimer- oder ein Festkörperlaser.

- Eine zweite Einrichtung zur Herstellung der mikroskopischen Reliefstruktur 8 auf der Münze 1 ist in der Fig. 10 gezeigt. Die Einrichtung weist den Laser 41, einen Strahlteiler 48, einen Spiegel 49, fokussierende optische Systeme 50, 51, die Haltevorrichtung 45 und die Justiervorrichtung 46 auf. Mittels des Strahlteilers 48 und des Spiegels 49 werden zwei Strahlen 52, 53 erzeugt, welche unter verschiedenen Winkeln schräg auf die Oberfläche der Münze 1 auftreffen. Ordnet man dem ersten Strahl 52 den Wellenvektor  $k_1$  und die Amplitude  $I_1$ , dem zweiten Strahl 53 den Wellenvektor  $k_2$  und die Amplitude  $I_2$  zu, und ist am Ort  $r$  auf der Münze 1 die Phase des ersten Strahles 52  $\phi_1$  und die Phase des

zweiten Strahles 53  $\phi_2$ , dann beträgt die Intensität  $I(r) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos\Delta\phi$  mit

$\Delta\phi = (k_1 - k_2) \cdot r + \phi_1 - \phi_2$ . Diese Methode ist als Zwei-Strahl-Interferenz Methode bekannt. Zur

Realisierung komplexerer Reliefstrukturen 8 (Fig. 1) in der Metalloberfläche der Münze 1, wird die

Münze 1 mehrmals mit einem Laserpuls belichtet, wobei die Orientierung der Münze 1 wie auch die

- 5 Richtung der Wellenvektoren  $k_1$  und  $k_2$  durch räumliches Verstellen der Komponenten 48, 49, 50, 51 variiert werden. Eine beliebige Profilform, z.B. ein Sägezahn, kann realisiert werden, indem die Richtung der Wellenvektoren  $k_1$  und  $k_2$  für eine Anzahl  $n$  aufeinanderfolgende Belichtungsimpulse so eingestellt sind, dass sich die jeweiligen Interferenzterme  $I_n(r)$  wie die Koeffizienten der entsprechenden Fourierreihe verhalten. Bei der Belichtung mit extrem kurzen Lichtpulsen ist die Geometrie der
- 10 Strahlen 52, 53 bestimmende Lage des Strahlteilers 48 und des Spiegels 49 sorgfältig aufeinander abzustimmen, damit die Wegdifferenz der beiden Strahlen 52, 53 kleiner als die Kohärenzlänge des vom Laser 41 emittierten Lichtes ist.

Es ist möglich, die in den Figuren 9 und 8 gezeigten Einrichtungen zu kombinieren. Die Maske 42 kann ein räumlicher Lichtmodulator (SLM, spatial light modulator) mit einzeln adressierbaren Pixeln sein, so

- 15 dass die auf der Münze 1 zu erzeugende mikroskopische Reliefstruktur 8 auf einfache Weise computer-gesteuert variiert werden kann. Jedes Pixel ist entsprechend der Ansteuerung wenigstens teilweise durchsichtig oder annähernd undurchsichtig. Auf diese Weise kann z.B. ein Gitter mit einer hohen Linienzahl und wohldefinierter Umrandung erzeugt werden. Mittels dieser Einrichtung kann jede Münze 1 mit einer individuellen Reliefstruktur 8 versehen werden, die beispielsweise in kodierter Form
- 20 eine fortlaufende Nummer enthalten kann. Die hohe Leistung des Lasers 41 ermöglicht einen hohen Durchsatz an Münzen 1 zu einem kostengünstigen Preis.

Die zwei beschriebenen Laserverfahren lassen sich auch anwenden, um beugungsoptische Reliefstrukturen auf andere Materialoberflächen als die von Münzen aufzubringen. Besonders erwähnt seien Ersatzteile mit metallischen Komponenten, Metalloberflächen wie Gold, Messing, Stahl, Aluminium, Kupfer-Nickel Legierungen, etc. Aber auch Siliziumchips könnten mit beugungsoptischen Reliefstrukturen versehen werden. Diese Verfahren eignen sich auch dazu, in eine bereits mit makroskopischen Reliefs versehene Prägematrize mikroskopische Reliefstrukturen einzubringen.

- Bei einem Ätzverfahren wird der mit mikroskopischen Reliefstrukturen 8 zu verschiehende Gegenstand, z.B. die Münze 1 beispielsweise in einem Tauchbad mit einer dünnen lichtempfindlichen Kunststoffschicht überzogen. Die Dicke dieser Kunststoffschicht liegt im Bereich von einigen Hundert bis zu einigen Tausend Nanometern. Anschliessend erfolgt eine Belichtung und Entwicklung der Kunststoffschicht, so dass mikroskopisch feine Stellen der Münzoberfläche frei von Kunststoff werden. In einem Ätzbad werden dann mikroskopische Reliefstrukturen 8 in die Münzoberfläche eingeätzt. Zum Schluss wird der restliche Kunststoff wieder entfernt.
- 35 Im letzten Verfahrensschritt wird über den Reliefstrukturen 8 der Schutzlack 9 (Fig. 1) aufgetragen.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Münze (1) mit einer metallischen Oberfläche (2; 3) mit makroskopischen Reliefs (5) zur Darstellung von Motiven, die zur Angabe des Münzwertes und als Erkennungsmerkmal dienen, dadurch gekennzeichnet, dass direkt in wenigstens einer der Oberflächen (2; 3) Felder (10; 11; 12; 14; 20) mit mikroskopisch feinen, beugungswirksamen Reliefstrukturen (8) eingebracht sind und dass in wenigstens einem Teil der Felder (14) die Reliefstrukturen (8) Gitter (13) sind, deren Gittervektor (79) radial ausgerichtet ist.
  
2. Münze (1) mit einer metallischen Oberfläche (2; 3) mit makroskopischen Reliefs (5) zur Darstellung von Motiven, die zur Angabe des Münzwertes und als Erkennungsmerkmal dienen, dadurch gekennzeichnet, dass direkt in wenigstens einer der Oberflächen (2; 3) Felder (10; 11; 12; 14; 20) mit mikroskopisch feinen, beugungswirksamen Reliefstrukturen (8) in Form von Gittern (13) eingebracht sind, dass die Felder (14) wenigstens einer Gruppe angehören und dass in den Feldern (14) der gleichen Gruppe der Gittervektor (79) der Reliefstrukturen (8) radial ausgerichtet ist und die Spatialfrequenz f der Reliefstrukturen (8) eine Funktion des Münzradius ist.
  
3. Münze (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mikroskopischen Reliefstrukturen (8) eine maschinenlesbare Codierung der Münze (1) enthalten.
  
4. Münze (1) mit einer metallischen Oberfläche (2; 3) mit makroskopischen Reliefs (5) zur Darstellung von Motiven, die zur Angabe des Münzwertes und als Erkennungsmerkmal dienen, dadurch gekennzeichnet, dass direkt in wenigstens einer der Oberflächen (2; 3) mikroskopisch feine, beugungswirksame Reliefstrukturen (8) eingebracht sind, die ein diffraktives, optisches Element bilden, und dass die Reliefstrukturen (8) eine maschinenlesbare Codierung der Münze (1) enthalten
  
5. Münze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mikroskopischen Reliefstrukturen (8) in einer Vertiefung (7) der Oberfläche (2; 3) angeordnet sind und dass ein transparenter Schutzlack (9) die Reliefstrukturen (8) überdeckt.
  
6. Münzprüfer zur maschinellen Überprüfung der Echtheit einer in einem Münzkanal (15) rollenden oder gleitenden Münze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lichtquelle (21) zur Beleuchtung der mikroskopischen Reliefstrukturen (8) der Münze (1) mit annähernd monochromatischem Licht vorhanden ist und dass wenigstens ein optisches Element (23) vorhanden ist, welches von der Münze (1) reflektierte und gebeugte Teilstrahlen (29, 30) auf wenigstens einen Photodetektor (22) abbildet.
  
7. Münzprüfer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (23) das an der mikroskopischen Reliefstruktur (8) der Münze (1) als Teilstrahl (29) in eine vorbestimmte Beugungsordnung gebeugte Licht auf einen ersten Photodetektor (22) und das als Teilstrahl (30) in eine

andere vorbestimmte Beugungsordnung gebeugte Licht auf einen zweiten Photodetektor (22) abbildet und dass der Münzprüfer eingerichtet ist, die Signale der von den beiden Photodetektoren (22) gemessenen Intensitäten zu vergleichen und daraus ein Signal für die Echtheit der geprüften Münze (1) abzuleiten.

5 8. Münzprüfer nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (23) ein diffraktives optisches Element (33) ist.

9. Münzprüfer mit einer Lichtquelle (21) und wenigstens einem mit einer elektronischen Schaltung (25) verbundenen Photodetektor (22) zur maschinellen Überprüfung der Echtheit einer in einem Münzkanal (15) rollenden oder gleitenden Münze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch

10 gekennzeichnet, dass auf einer optischen Achse (80), die senkrecht zu einer Seitenwand (16; 17) des Münzkanals (15) ausgerichtet ist, wenigstens ein Photodetektor (22) und die punktförmige Lichtquelle (21) angeordnet sind, dass die Lichtquelle (21) zur Beleuchtung von wenigstens einem Teil der der Lichtquelle (21) zugewandten Oberfläche (2; 3) der Münze (1) eingerichtet ist, dass auf der optischen Achse (80) der Abstand  $h_Q$  der Lichtquelle (21) und die Abstände  $h_D$  der Photodetektoren (22) zur Seitenwand (16; 17) so gewählt sind, dass für eine vorbestimmte Wellenlänge  $\lambda$  des Lichts wenigstens eine Reliefstruktur (8) der Münze (1) reflektierte und gebeugte Teilstrahlen (29, 30) auf wenigstens einen Photodetektor (22) lenkt, und dass die elektronische Schaltung (25) eingerichtet ist, den Durchgang des Zentrums der Münze (1) durch die optische Achse (80) und die Echtheit der Münze (1) aus den Signalen der Photodetektoren (22) zu erkennen.

15 10. Münzprüfer nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mit der elektronischen Schaltung (25) verbundene Lichtquelle (21) so eingerichtet ist, dass sie unter der Kontrolle der elektronischen Steuerung (25) eine Anzahl der Wellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  usw. einzeln oder mehrere simultan in vorbestimter Intensität emittiert.

20 11. Verfahren zum Aufbringen einer mikroskopischen Reliefstruktur (8) auf eine vergleichsweise harte Materialoberfläche (2, 3), dadurch gekennzeichnet, dass die mikroskopischen Reliefstrukturen (8) durch Abtragen von Material mittels Belichtung der Materialoberfläche (2, 3) mit einem Laserstrahl ausgebildet werden.

25 12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl eine die Form der mikroskopischen Reliefstrukturen (8) bestimmende Maske (42) und anschliessend ein optisches Abbildungssystem (44) zur Verkleinerung passiert.

30 13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugung der mikroskopischen Reliefstrukturen (8) in die Materialoberfläche (2, 3) nach der Methode der 2-Strahl-Interferenz erfolgt.

14. Verfahren zum Aufbringen einer mikroskopischen Reliefstruktur (8) auf eine vergleichsweise harte Materialoberfläche (2, 3), gekennzeichnet durch die Schritte,

Aufbringen einer dünnen lichtempfindlichen Kunststoffschicht auf die Materialoberfläche (2, 3),

Belichtung und Entwicklung der Kunststoffschicht, so dass mikroskopisch feine Stellen der

Materialoberfläche (2, 3) frei von Kunststoff sind,

Ätzen der Materialoberfläche (2, 3), wobei sich die mikroskopische Reliefstruktur (8) bildet,  
Entfernen der Kunststoffschicht.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zuvor erzeugte  
Reliefstruktur (8) mit einem transparenten Schutzlack (9) abgedeckt wird.

## ZUSAMMENFASSUNG

Eine Münze (1) mit einer metallischen Oberfläche (2, 3) weist makroskopische Reliefs (5) auf, die zur visuellen Angabe des Münzwertes und als Echtheitsmerkmal dienen. Direkt in wenigstens eine der Oberflächen (2, 3) sind mikroskopisch feine, beugungswirksame Reliefstrukturen (8) eingebracht. Die 5 Reliefstrukturen (8) sind vorzugsweise vertieft angeordnet und mit einem Lack (9) bedeckt. Von Vorteil ist es zudem, wenn wenigstens ein Teil der Reliefstrukturen (8) eine asymmetrische Profilform und/oder die Gittervektoren radial ausgerichtet aufweist. Die Reliefstrukturen (8) können auch eine maschinenlesbare Codierung enthalten.

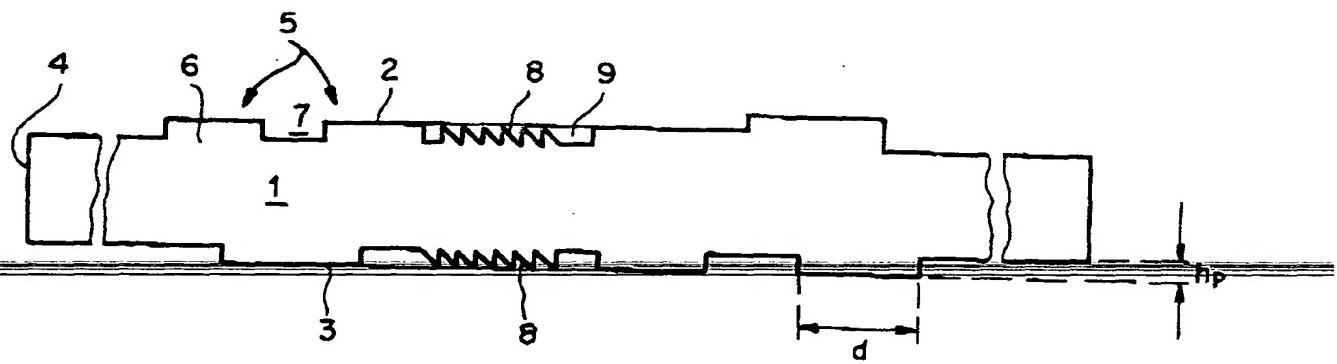
### Das Aufbringen der mikroskopischen Reliefstruktur (8) auf eine harte Materialoberfläche (2, 3) kann

10 durch Abtragen von Material mittels Belichtung der Materialoberfläche (2, 3) mit einem Laserstrahl erfolgen. Dabei passiert der Laserstrahl eine die Form der Reliefstrukturen (8) bestimmende Maske und anschliessend ein optisches Abbildungssystem zur Verkleinerung. Die Belichtung kann auch nach der Methode der Zwei-Strahl-Interferenz erfolgen. Bei einem weiteren Verfahren werden die mikroskopischen Reliefstrukturen (8) in die Materialoberfläche (2, 3) eingeätzt.

15 (Fig. 1)

Fig. 1

1/5



Zusammenfassungszeichnung

Fig. 1

1/5

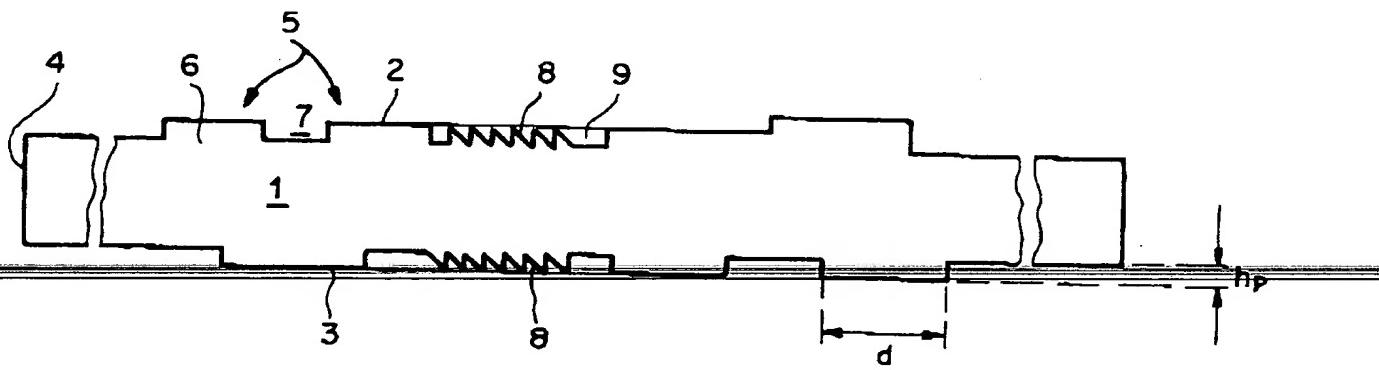


Fig. 2

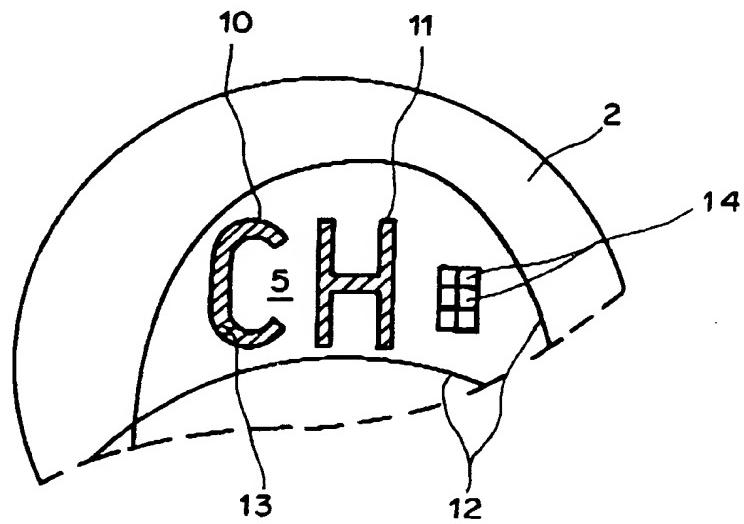


Fig. 3a

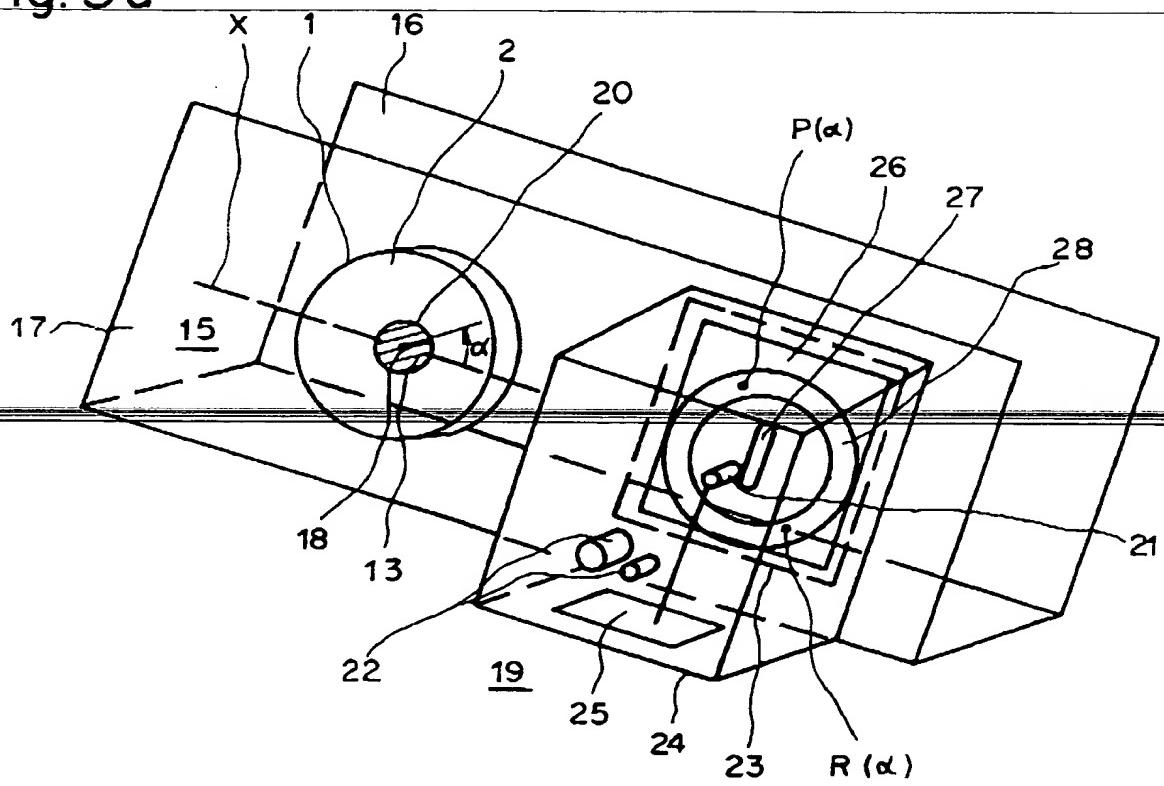


Fig. 3b

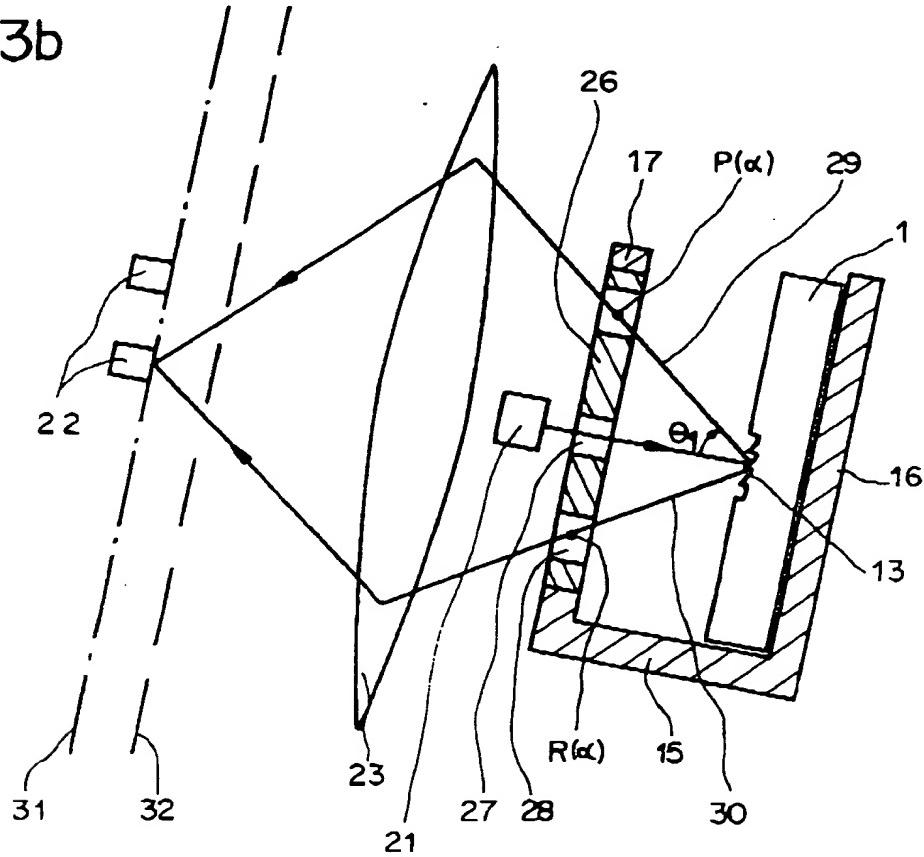


Fig. 4

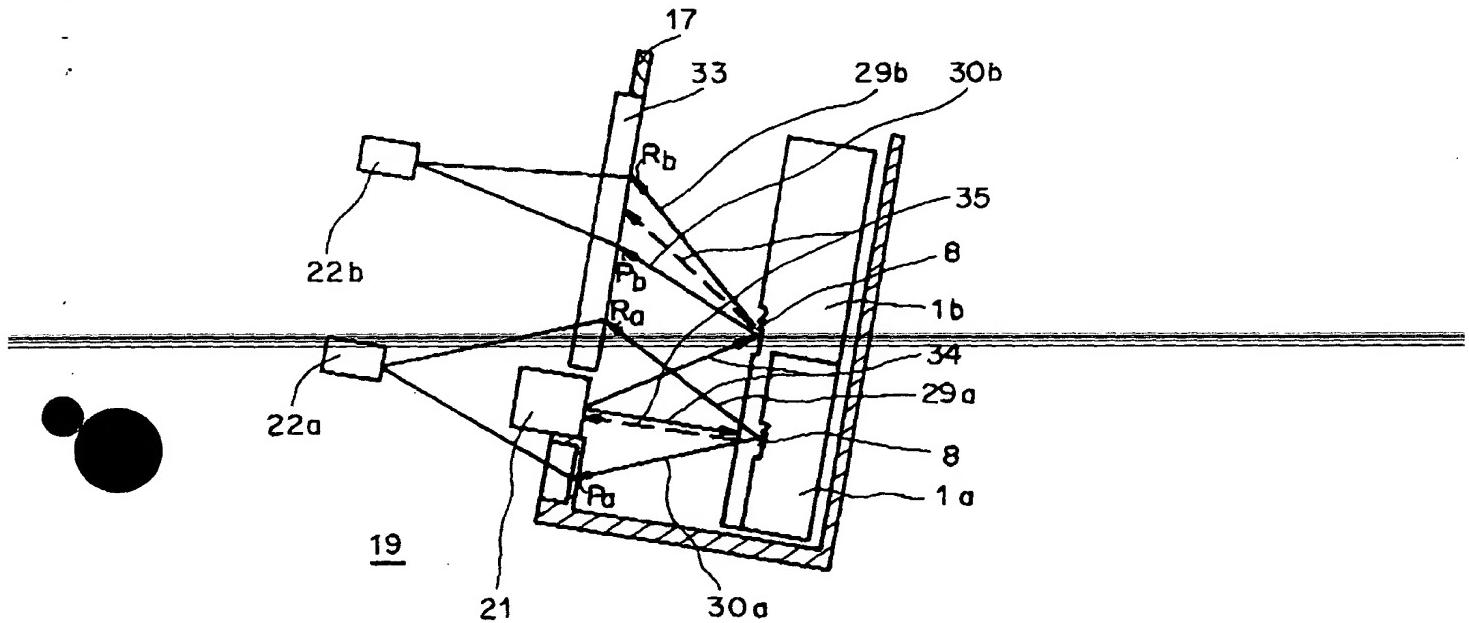


Fig. 5a

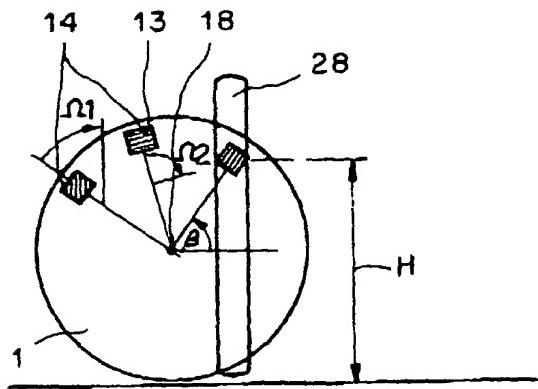


Fig. 5b

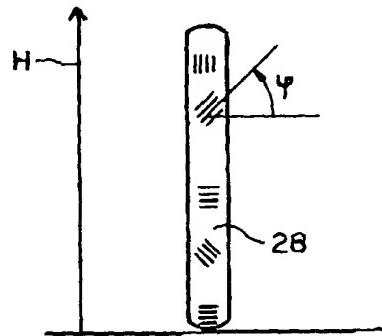


Fig. 6a

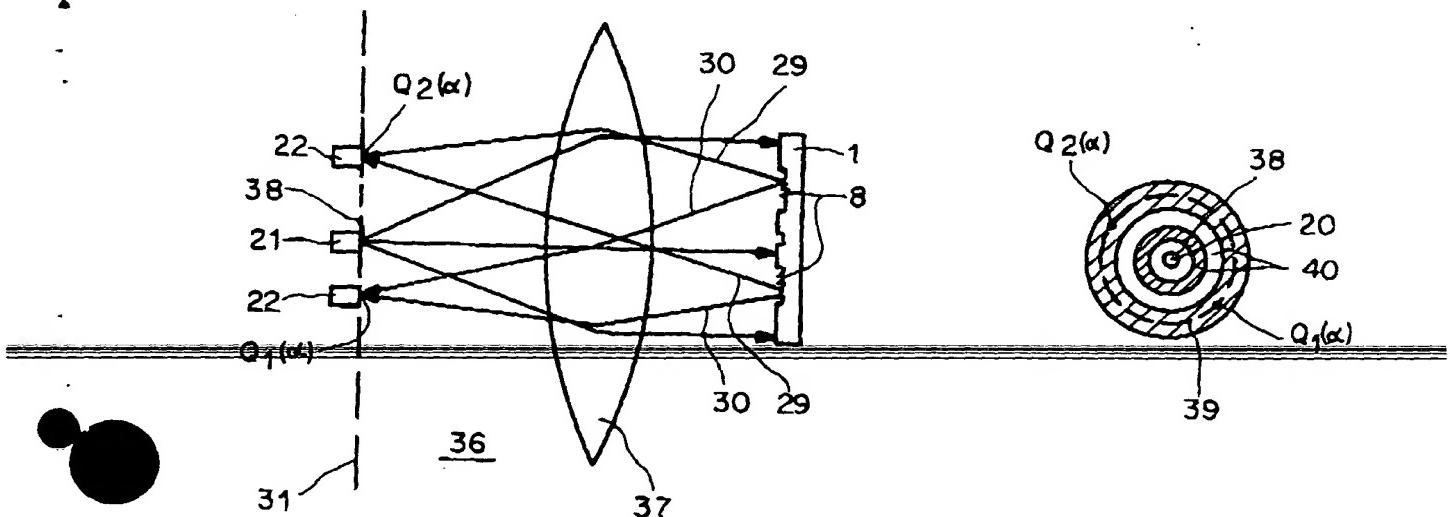


Fig. 6b

4/5

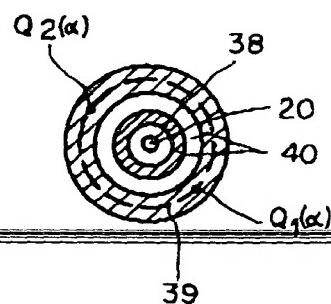


Fig. 9

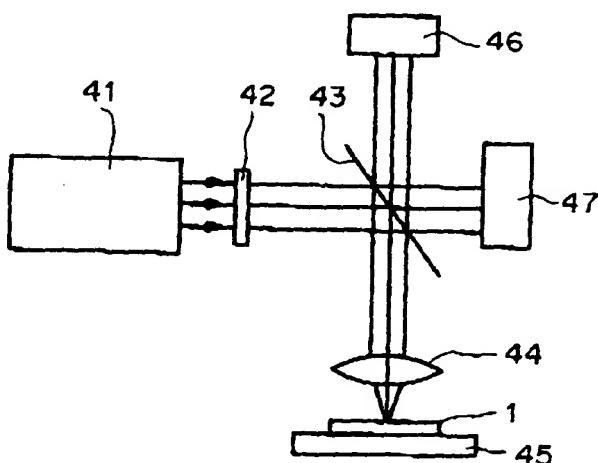


Fig. 10

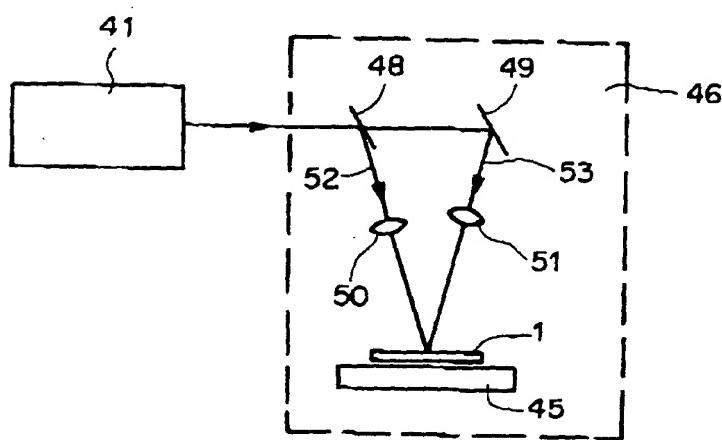


Fig. 7a

Fig. 7b

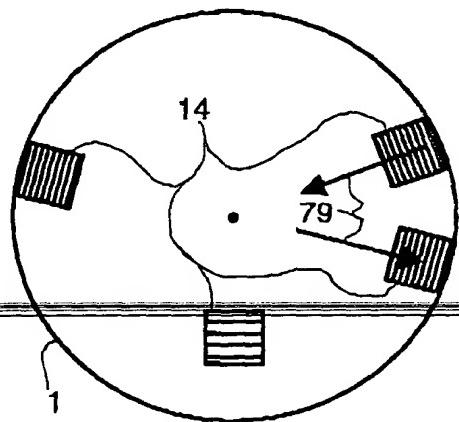
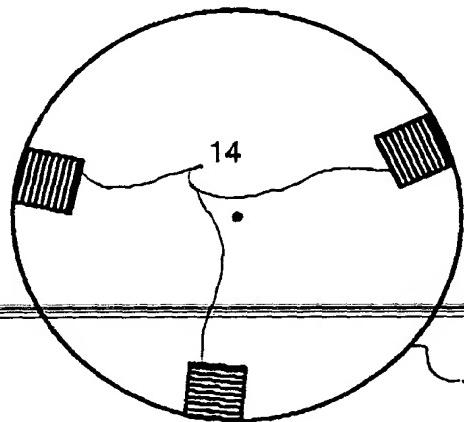


Fig. 8

